

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT PADA CAMPURAN BETON TERHADAP KINERJA HUBUNGAN BALOK KOLOM (HBK) DENGAN PEMBEBANAN STATIK (umur : 90 hari)

Harjun Adhitya Sasongko¹⁾, Edy Purwanto²⁾, Achmad Basuki³⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : junzz_id@yahoo.com

Abstract

Beam column connection is the most important structural elements in a system of bearer frame retrofitting moment structure designed by more strenght in order to collapse it isn't going in join. The addition of fiber is one alternative to improve the performance of HBK with the mechanical properties of concrete indicators observed that the load capacity, deflection, ductility factor, stiffness and crack patterns. The method used in this study is an experimental. The addition of steel fibers as much as 10 kg/m³ on HBK specimens 3 and 6 cylinders. Beam and column sizes 15cmx15cmx1m, 15cmx20cmx2m and 15cm diameter cylinder size, height 30 cm. Testing with static loading. The maximum load that can be detained by HBK fiber concrete at 13.147 kN. Percentage increase in load was 3,273% compared with normal concrete HBK with maximum load was 12.730 kN. Fiber concrete specimens HBK has ductility factor of 2.481, this value up 20.756% of the value of normal concrete ductility factor of 1.966. Stiffness melting values HBK fiber concrete at yield and failure is equal $K_u / K_y = 0.48$ and $= 0.20$. Shaped diagonal crack patterns in each side of join..

Keywords : beam column connection (HBK), fiber concrete, steel fiber DRAMIX, maximum load, crack pattern.

Abstrak

Hubungan balok kolom merupakan elemen struktur yang paling penting dalam suatu sistem struktur rangka pemikul momen sehingga didesain dengan perkuatan yang lebih tidak terjadi keruntuhan pada join. Penambahan serat merupakan salah satu alternatif untuk memperbaiki kinerja HBK dengan indikator sifat mekanik beton yang diamati yaitu kapasitas beban, lendutan, faktor daktilitas, kekakuan serta pola retak. Metode dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Penambahan serat baja sebanyak 10 kg/m³ pada benda uji 3 HBK dan 6 silinder. Ukuran balok 15cmx15cmx1m dan kolom 15cmx20cmx2m dan ukuran silinder diameter 15cm, tinggi 30 cm. Pengujian dengan pembebanan statik. Beban maksimum yang mampu ditahan oleh HBK beton serat sebesar 13,147 kN. Prosentase kenaikan beban adalah 3,273% dibandingkan dengan HBK beton normal dengan beban maksimum sebesar 12,730 kN. Lendutan benda uji HBK beton serat sebesar 57,33 mm lebih kecil dibandingkan lendutan benda uji HBK beton normal sebesar 59,76 mm. Benda uji HBK beton serat memiliki faktor daktilitas sebesar 2,481, nilai ini naik 20,756% dari nilai faktor daktilitas beton normal sebesar 1,966. Nilai kekakuan leleh benda uji HBK beton serat pada saat yield maupun failure yaitu sebesar $K_y = 0,48$ dan $K_u = 0,20$. Pola retak berbentuk diagonal ditiap sisi joinnya.

Kata Kunci : Hubungan balok kolom (HBK), beton serat, serat baja DRAMIX, beban maksimum, pola retak.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang beresiko tinggi terhadap ancaman gempa. Banyak bangunan dan infrastruktur yang hancur akibat terjadinya gempa. Banyak kerusakan terjadi pada hubungan balok kolom (HBK) karena detailing tulangan yang kurang baik. Kesalahan banyak terjadi disebabkan pengurangan jumlah maupun diameter penulangan sengkang yang dilakukan para pekerja guna memperkecil biaya konstruksi dan memudahkan dalam pelaksanaan pengecoran beton. Penambahan serat baja DRAMIX dapat membuat beton lebih daktil sehingga memperbaiki sifat mekanik beton yang berupa adalah kapasitas beban, lendutan, faktor daktilitas, kekakuan serta pola retak.. Diharapkan setelah penelitian ini bisa diwujudkan produk campuran beton kering dengan serat yang instan sehingga mempermudah penggunaan.

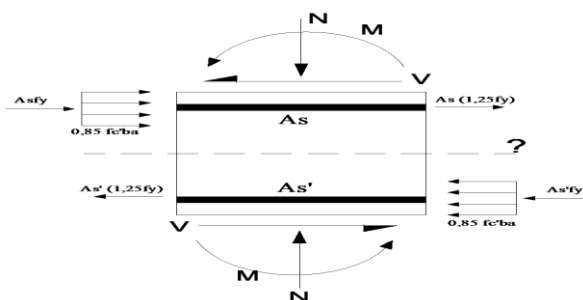
Beton serat dapat didefinisikan sebagai beton yang terbuat dari semen Portland atau bahan pengikat hidrolis lainnya yang ditambah dengan agregat halus dan kasar, air, dan diperkuat dengan serat (Hannant, 1978). Kehadiran serat pada beton akan menaikkan kekakuan dan mengurangi lendutan (*defleksi*) yang terjadi. Penambahan serat juga dapat meningkatkan keliatan beton, sehingga struktur akan terhindar dari keruntuhan yang tiba-tiba akibat pembebanan yang berlebihan. Penelitian ini menggunakan bahan tambah serat baja DRAMIX RC-80/60-BN

dengan panjang 60 mm; diameter 0,75 mm; kuat tarik 1225 N/mm² dan aspek rasio panjang dan diameter sebesar 80 yang ditambahkan secara random.

Penelitian ini mengacu pada *State of the art* mengenai pertemuan balok kolom (komite 352 ACI-ASCE dalam Chu Kia Wang) yang mencantumkan provisi yang terperinci untuk perencanaan dari kelas pertemuan tipe I, terutama untuk pembebanan statis di mana kekuatan menjadi kriteria utama dan tidak diharapkan terjadinya deformasi yang berarti. Disini hanya dibutuhkan daktilitas saja.

Dalam perencanaan struktur beton bertulang pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRMPK) harus memperhatikan persyaratan gaya, persyaratan geometri, dan persyaratan tampang dalam meninjau hubungan balok kolom (Hoendayanto, 2009). Kemudian meninjau daerah efektif hubungan balok kolom yang merupakan daerah penting dalam mempertahankan stabilitas struktur.

Iswandi Imran menerangkan bahwa gaya geser horizontal pada daerah HBK dapat diperhitungkan dengan mengasumsikan bahwa elemen lentur yang merangka pada HBK tersebut telah mencapai kapasitasnya, dengan menetapkan gaya tarik tulangan lentur balok sebesar $A_s (1,25f_y)$ seperti pada Gambar 1 dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Bebas pada Hubungan Balok Kolom

$$V_u = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s-s1} + A_{s-s2}) + A_{s2} \alpha f_y - V_{col1} \dots \dots \dots [1]$$

V_u adalah Gaya geser yang terjadi pada joint (kN); α adalah konstanta dengan nilai 1,25; f_y adalah kuat leleh tulangan longitudinal balok (MPa).

Kuat geser HBK dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_{jn} = c \sqrt{f'_c} A_j \dots \dots \dots [2]$$

V_{jn} adalah gaya geser nominal joint (kN); C adalah konstanta dengan 1,7 (terkekang keempat sisinya), 1,25 (terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan), dan 1 (untuk hubungan lainnya); A_j adalah luas efektif joint (mm²).

Daktilitas dalam penelitian ini adalah daktilitas perpindahan yaitu perbandingan antara perpindahan struktur pada arah lateral maksimum terhadap perpindahan struktur saat leleh, seperti ditunjukkan pada Persamaan [3].

$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y} \dots \dots \dots [3]$$

μ adalah daktilitas; Δ_u adalah simpangan maksimum struktur; Δ_y adalah simpangan saat leleh pertama.

Kekakuan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk menghasilkan suatu lendutan (Gere dan Timoshenko, 1987). Kekakuan dapat dinyatakan dalam Persamaan [4].

$$K = \frac{P}{\Delta} \dots \dots \dots [4]$$

K adalah kekakuan (kN/mm); P adalah gaya (kN); Δ adalah perpindahan (mm).

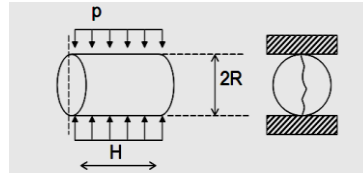
Retak struktural terjadi akibat pembebanan yang mengakibatkan munculnya tegangan lentur, geser dan tarik. Menurut Triwiyono (2004), retak struktural terdiri dari: retak lentur yang berupa garis lurus sejajar dengan arah gaya yang bekerja; retak geser lentur berupa retak miring lanjutan dari retak lentur sebelumnya, dan; retak geser berupa retak diagonal membentuk sudut 45⁰ terhadap gaya yang bekerja pada komponen tersebut.

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menahan gaya tekan per satuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dan besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan Persamaan [5].

$$f_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots [5]$$

f_c adalah kuat tekan (N/mm^2); P adalah beban (N); A adalah luas tampang (mm^2).

Kuat tarik belah adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya (SK SNI-T-15-1991-03). Seperti dalam Gambar 2 kuat tarik belah dihitung dengan persamaan [6].

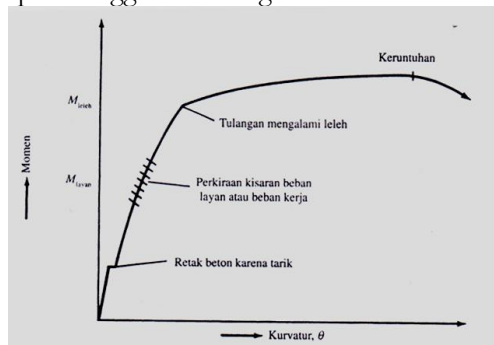


Gambar 2. Kuat tarik belah

$$f_t = \frac{2P}{\pi LD} \dots\dots\dots [6]$$

f_t adalah kuat tarik belah (N/mm^2); P adalah beban pada waktu beton terbelah (N); L adalah panjang benda uji silinder (mm); D adalah diameter benda uji silinder (mm).

Titik leleh adalah titik dimana mulai terjadi perpanjangan (deformasi) secara permanen. Menurut Jack C. McCormac, penentuan titik leleh dapat menggunakan diagram momen-kurvatur seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram momen-kurva untuk balok beton bertulang yang mengalami tarik

Modulus elastisitas suatu bahan erat kaitannya dengan kekakuan suatu bahan dalam menerima suatu beban. Modulus elastisitas beton normal dan beton serat dapat dihitung dengan Persamaan [7] dan [8].

$$E_{C_{normal}} = 4700\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots [7]$$

$$E_{C_{serat}} = 4882\sqrt{f'_c} \dots\dots\dots [8]$$

$E_{C_{normal}}$ adalah modulus elastisitas beton normal (MPa); $E_{C_{serat}}$ adalah modulus elastisitas beton serat (MPa); f_c adalah muat tekan beton (MPa).

METODE

Metode pada penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu suatu metode yang dilakukan dengan mengadakan suatu percobaan secara langsung untuk mendapatkan suatu data. Percobaan dilakukan di Laboratorium Bahan dan Struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Pengujian yang dilakukan setelah benda uji berumur 90 hari dengan jenis pengujian meliputi uji bahan, kuat tekan, kuat tarik belah dan uji pembebanan statik pada hubungan balok kolom. Benda uji yang digunakan adalah 6 buah silinder dan 3 buah HBK. Keterangan mengenai benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Jenis benda uji silinder

Kode Benda uji	Ukuran	Jenis Beton	Tambahan Serat (kg/m ³)	Jenis Pengujian
S-S ₁	Ø15 – H30	Beton Serat	10	Uji Kuat Desak
S-S ₂	Ø15 – H30	Beton Serat	10	Uji Kuat Desak
S-S ₃	Ø15 – H30	Beton Serat	10	Uji Kuat Desak
S-S ₄	Ø15 – H30	Beton Serat	10	Uji Kuat Tarik Belah
S-S ₅	Ø15 – H30	Beton Serat	10	Uji Kuat Tarik Belah
S-S ₆	Ø15 – H30	Beton Serat	10	Uji Kuat Tarik Belah

Tabel 2. Jenis benda uji HBK

Kode Benda uji	Balok (cm)	Kolom (cm)	Jenis HBK	Tambahan Serat (kg/m ³)
HBK-N ₁	150x200	150x150	HBK Beton Normal	-
HBK-N ₂	150x200	150x150	HBK Beton Normal	-
HBK-N ₃	150x200	150x150	HBK Beton Normal	-
HBK-S ₁	150x200	150x150	HBK Beton Serat	10
HBK-S ₂	150x200	150x150	HBK Beton Serat	10
HBK-S ₃	150x200	150x150	HBK Beton Serat	10

HASIL DAN PEMBAHASAN

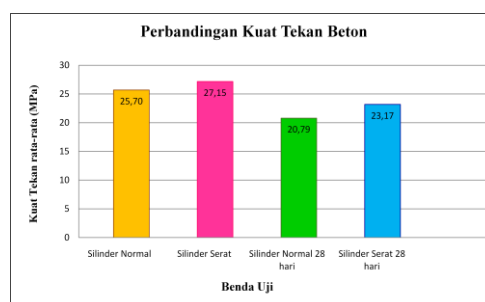
Nilai *slump* beton serat rata-rata adalah 3,67 cm, campuran beton serat menjadi kurang encer sehingga tingkat *workabilitas* beton serat lebih rendah pula dibandingkan beton normal.

Pengujian benda uji silinder dilakukan guna mengetahui mutu beton. Yang kemudian didapatkan perbandingan mutu beton serat dengan beton normal. Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran berat jenis, kuat tekan dan kuat tarik.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton

No.	Benda Uji	Diameter (cm)				Luas (cm ²)	Pmax (kN)	f'c (MPa)	f'cr (MPa)
		1	2	3	Rata-rata				
1	S-N1	15,20	15,30	15,00	15,17	180,66	460	25,46	
2	S-N2	15,00	15,30	15,20	15,17	180,66	450	24,91	25,70
3	S-N3	15,00	15,00	14,90	14,97	175,93	470	26,72	
4	S-S1	14,80	15,10	14,80	14,90	174,37	480	27,53	
5	S-S2	15,00	14,90	14,90	14,93	175,15	540	30,83	27,15
6	S-S3	15,00	15,00	15,10	15,03	177,50	410	23,10	

Dari hasil pengujian kuat tekan beton pada umur 90 hari didapatkan nilai kuat tekan beton serat mengalami kenaikan sebesar 5,67% dari beton normal karena adanya kontribusi serat setelah menjadi komposit dengan beton. Data sekunder dari penelitian terdahulu oleh Dwi Prakoso Mudo (2012) didapatkan kuat tekan rata-rata beton normal dan beton serat pada umur 28 hari yaitu sebesar 20,79 MPa dan 23,17 MPa. Perbandingan antara kuat tekan beton normal dengan kuat tekan beton serat pada umur 28 dan 90 hari disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



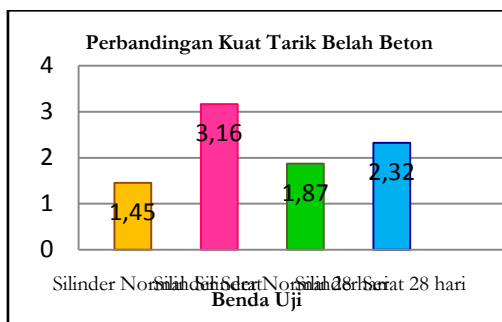
Gambar 4. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Beton

Kuat tarik belah adalah tegangan tarik yang timbul saat beton terbelah. Hasil pengujian disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian kuat tarik belah beton

No.	Benda Uji	Diameter rata-rata (cm)	Panjang rata-rata (cm)	P (kN)	ft (MPa)	f'tr (MPa)
1	S-N4	15,03	29,97	110	1,55	
2	S-N5	15,00	30,00	100	1,41	1,45
3	S-N6	15,10	30,23	100	1,39	
4	S-S4	15,13	30,40	240	3,32	
5	S-S5	15,13	30,17	260	3,63	3,16
6	S-S6	14,90	30,20	180	2,55	

Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton didapatkan nilai kuat tarik belah beton serat mengalami kenaikan sebesar 117,97 %. Penelitian toleh Dwi Prakoso Mudo (2012) didapatkan kuat tarik belah rata-rata beton normal dan beton serat pada umur 28 hari yaitu sebesar 1,87 MPa dan 2,32 MPa. Perbandingan antara kuat tarik belah beton normal dengan kuat tekan beton serat pada umur 28 dan 90 hari disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



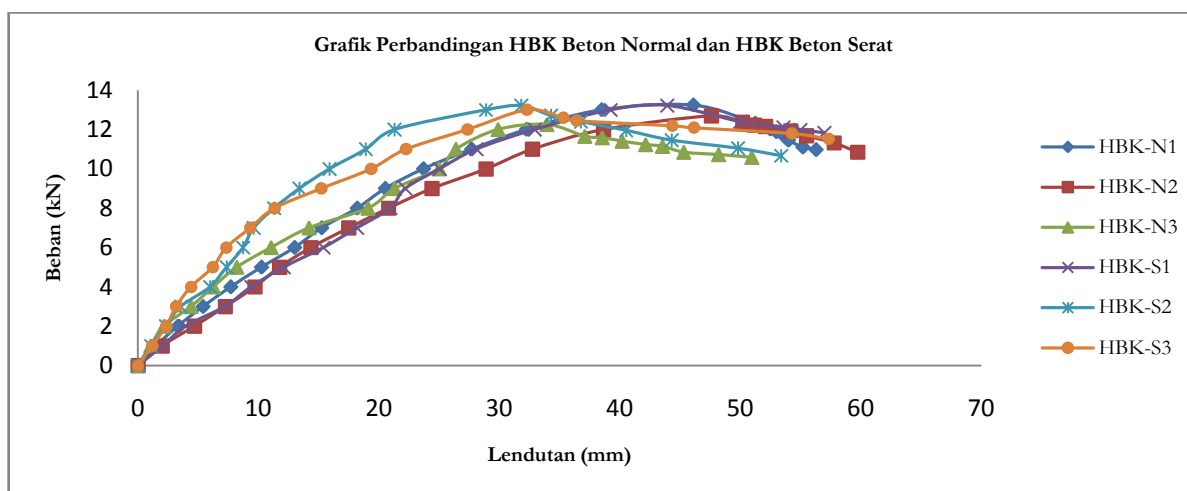
Gambar 5. Grafik Perbandingan Kuat Tarik

Pengujian benda uji hubungan balok kolom (HBK) meliputi pembebanan, lendutan, titik leleh, daktilitas, kekakuan, dan pola retak.

Pengujian hubungan balok kolom dilakukan dengan pemberian beban untuk mengetahui lendutan yang terjadi. Hasil pengujian hubungan balok kolom disajikan dalam Tabel 5 dan Tabel 6 serta Gambar 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian beban dan lendutan

P (kN)	HBK-S ₁			HBK-S ₂			HBK-S ₃				
	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)		
0	0,00	11,00	28,10	0	0,00	11,00	18,91	0	0,00	11,00	22,25
1,00	2,05	12,00	32,95	1,00	1,10	12,00	21,30	1,00	1,18	12,00	27,35
2,00	3,95	13,00	39,25	2,00	2,30	13,00	28,88	2,00	2,35	13,00	32,29
3,00	7,20	13,22	43,95	3,00	3,55	13,22	31,82	3,00	3,17	12,60	35,30
4,00	9,40	12,40	50,00	4,00	5,98	12,71	34,30	4,00	4,40	12,45	36,39
5,00	12,10	12,12	53,60	5,00	7,36	12,40	36,77	5,00	6,21	12,19	44,34
6,00	15,40	11,98	55,00	6,00	8,73	11,96	40,52	6,00	7,33	12,09	46,15
7,00	18,20	11,83	57,00	7,00	9,60	11,46	44,30	7,00	9,33	11,80	54,28
8,00	20,95			8,00	11,30	11,05	49,80	8,00	11,34	11,52	57,33
9,00	22,20			9,00	13,40	10,67	53,40	9,00	15,21		
10,00	25,04			10,00	15,90			10,00	19,35		

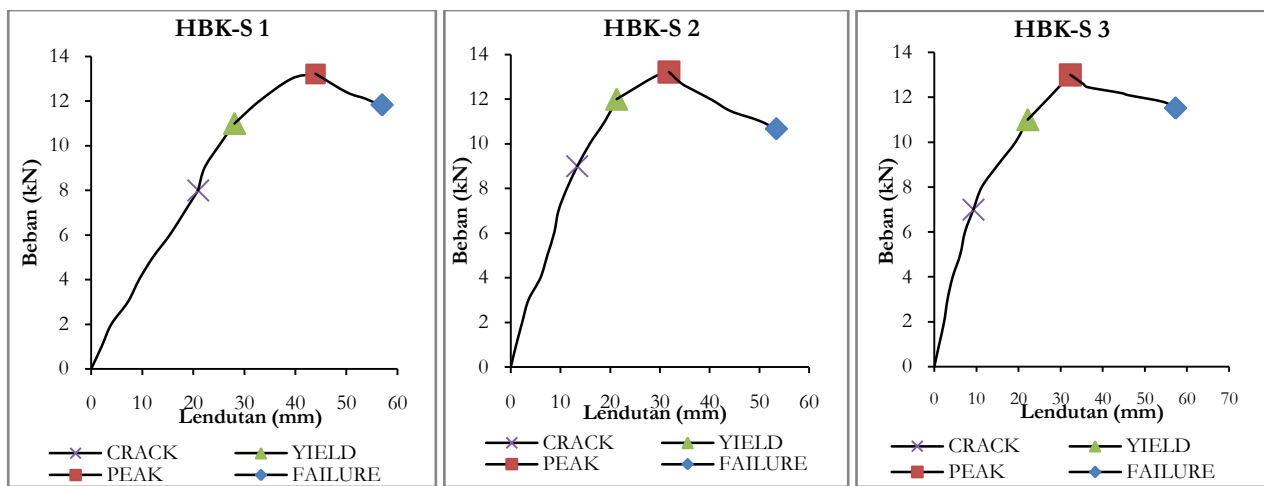


Gambar 6. Grafik Hubungan Beban dan Lendutan.

Tabel 6. Perbandingan Kondisi Pengujian Rata-Rata Benda Uji Normal dan Serat.

Benda uji	Crack		Yield		Peak		Failure		P _{peak} rata-rata (kN)	Δ _{failure} rata-rata (mm)	Peningkatan beban (%)
	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)			
HBKN1	5,00	10,25	11,00	27,70	13,24	46,10	10,97	56,30			-
HBKN2	6,00	14,35	11,00	32,70	12,70	47,60	10,85	59,76	12,730	55,677	-
HBKN3	5,00	8,20	10,00	25,00	12,25	33,95	10,58	50,97			
HBKS1	8,00	20,95	11,00	28,10	13,22	43,95	11,83	57,00			
HBKS2	9,00	13,40	12,00	21,30	13,22	31,82	10,67	53,40	13,147	55,910	3,273
HBKS3	7,00	9,33	11,00	22,25	13,00	32,29	11,52	57,33			

Penentuan awal retak, titik leleh, titik puncak, dan titik runtuh diawali dengan pembuatan grafik hubungan beban dan lendutan. Setelah itu, membuat garis lurus dengan menggabungkan titik-titik pada grafik tersebut. Ujung dari garis lurus yang pertama merupakan awal retak (*crack*) dan ujung garis lurus yang kedua merupakan titik leleh (*yield*). Titik puncak (*peak*) terjadi pada titik dimana terjadi pembebanan maksimum, sedangkan titik runtuh (*failure*) terjadi pada titik terakhir pada grafik tersebut. Penentuan titik-titik tersebut pada benda uji HBK disajikan dalam grafik sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik penentuan crack, yield, peak, failure

Tabel 7. Nilai Beban dan Lendutan Saat Terjadi *Crack*, *Yield*, *Peak*, dan *Failure* Pada HBK Beton Serat

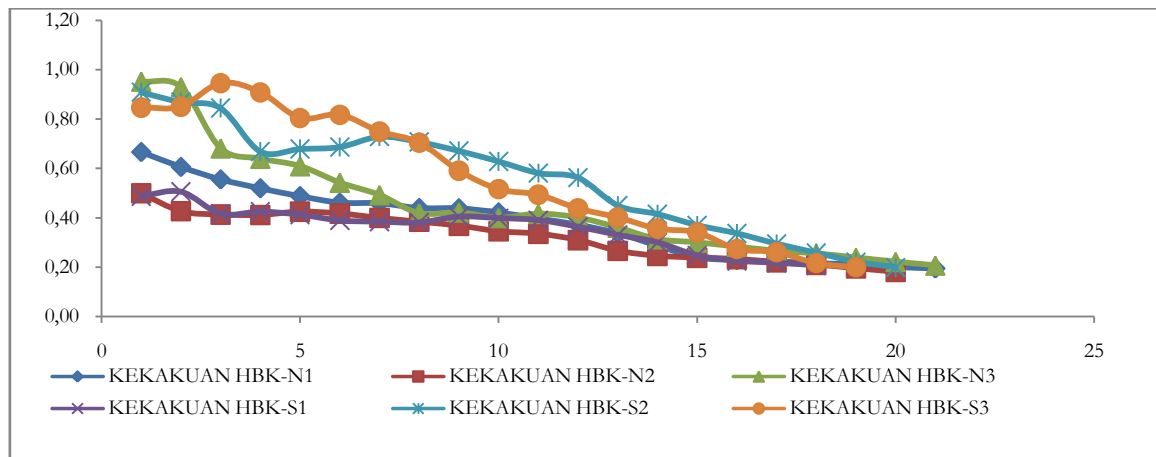
Benda uji	Crack		Yield		Peak		Failure	
	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)	P (kN)	Δ (mm)
HBK-N1	5,00	10,25	11,00	27,70	13,24	46,10	10,97	56,30
HBK-N2	6,00	14,35	11,00	32,75	12,70	47,60	10,85	59,76
HBK-N3	5,00	5,82	10,00	25,00	12,25	33,95	10,58	50,97
HBK-S1	8,00	20,95	11,00	28,10	13,22	43,95	11,83	57,00
HBK-S2	9,00	13,40	12,00	21,30	13,22	31,82	10,67	53,4
HBK-S3	7,00	9,33	11,00	22,25	13,00	32,29	11,52	57,33

Faktor daktilitas (μ) adalah rasio antara simpangan ultimit dan simpangan saat terjadinya leleh pertama, hasil pengujian seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Faktor Daktilitas Benda Uji HBK.

Benda uji	Δ _u (mm)	Δ _y (mm)	Faktor daktilitas, $\mu = \Delta_u / \Delta_y$	Faktor daktilitas rata-rata (μ)	Kenaikan (%)
HBKN1	56,30	27,70	2,032		
HBKN2	59,76	32,70	1,828	1,966	-
HBKN3	50,97	25,00	2,039		
HBKS1	57,00	28,10	2,028		
HBKS2	53,40	21,30	2,507	2,481	20,756
HBKS3	64,71	22,25	2,908		

Nilai kekakuan mengalami penurunan seiring dengan penambahan siklus pembebanan yang diberikan, agar lebih jelas maka dibuat grafik hubungan siklus pembebanan dengan besar kekakuan seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Penurunan Kekakuan Masing-Masing Benda Uji.

Dari hasil didapatkan kekakuan benda uji HBK beton serat sedikit lebih tinggi pada saat *yield* maupun saat *failure* dibandingkan benda uji HBK beton normal.

Pola retak awal untuk benda uji HBK beton serat dimulai dengan retak rambut pada joint, kemudian retak geser mulai menyerang joint. Kerusakan cenderung terjadi pada joint sehingga terjadi kegagalan struktur pada joint. Pada benda uji HBK beton serat ke-1 terjadi retak maksimum sebesar 0,4 cm, benda uji HBK ke-2 terjadi retak maksimum sebesar 0,5 cm dan benda uji HBK beton normal ke-3 terjadi retak maksimum sebesar 0,4 cm.

SIMPULAN

Penambahan serat sebesar 10 kg/m³ meningkatkan mutu beton, ditandai dengan kuat tekan beton serat sebesar 27,15 MPa dengan prosentase kenaikan 5,67 % dibandingkan kuat tekan beton normal sebesar 25,70 MPa dan hasil pengujian kuat tarik belah beton serat sebesar 3,17 MPa dengan prosentase kenaikan 117,97 % dibandingkan kuat tarik belah beton normal sebesar 1,45 MPa. Benda uji HBK beton serat didapatkan beban maksimum sebesar 13,147 kN dengan prosentase kenaikan beban 3,273 %. Kontribusi serat dapat mengurangi lendutan maksimum benda uji HBK beton serat sebesar 57,33 mm dibandingkan lendutan benda uji HBK beton normal sebesar 59,76 mm. Faktor daktilitas sebesar 2,481 dengan prosentase peningkatan sebesar 20,756 %. Kekakuan benda uji HBK beton serat pada saat *yield* maupun *failure* yaitu sebesar $K_y = 0,48$ dan $K_u = 0,20$. Terjadi perubahan pola retak pada HBK beton serat dimana awal retak terjadi berupa retak rambut pada joint kemudian beralih retak geser di joint pada siklus pembebanan selanjutnya. Tidak terjadi *spalling* pada beton serat seperti yang terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pola Retak HBK S1

REKOMENDASI

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut tentang HBK beton serat dengan pembebanan dinamik dan dengan bahan tipe serat selain serat baja. Variasi penambahan serat maupun mutu beton dibutuhkan agar penggunaan serat dapat dioptimalkan mengingat tegangan putus serat yang tinggi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih penyusun ucapkan kepada kepada Bapak Edy Purwanto, ST, MT dan Bapak Achmad Basuki, ST, MT selaku dosen pembimbing dalam penelitian ini. Terima kasih kepada bapak, ibu, keluarga dan teman-teman yang telah memberi doa dan dukungan serta semua pihak yang membantu proses pelaksanaan tugas akhir ini sehingga dapat selesai tepat pada waktunya.

REFERENSI

- Alamsyah., 2011, “*Perilaku Sambungan Balok-Kolom Pracetak Sisi Dalam Berdasarkan Metode Experimental Dan Analisa Gaya Dorong*”. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Deshmukh S.D. 1, Domke P.V. 2, Kene. S.D. 3, Deotale. R.S. 4., 2011, “*Experimental Study of Strength of Concrete by Using Artificial Fibers with Rice Husk Ash*”. Departement of Civil Engineering, YCCE, Nagpur-10, Maharashtra, India.
- Gere, Timoshenko., 2000, “*Mekanika Bahan*”. Edisi Jilid Satu. Erlangga. Jakarta.
- Hidayat A.N., 2011, “*Kajian Kuat Kejut (Impact) Beton Normal Berserat Galvalum AZ 150*”. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Hoedayanto D dan Imran I., 2009.” *Desain dan Perhitungan Struktur Tahan Gempa*”. Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia. Jakarta.
- Kadreni E., 2002, “*Pengaruh Steel Fiber pada Sifat Mekanis Beton dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Pasca Kebakaran*”. USU Digital Library.
- Mudo D.P., 2012, “*Tinjauan Kinerja Hubungan Balok Kolom (HBK) Beton Bertulang Dengan Bahan Beton Serat Pada Pembebanan Statik*”. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- SNI 03-1726-2002, “*Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur bangunan Gedung*”.
- SNI 03-2834-2002, “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*”.
- SNI 03-2847-2002, “*Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*”.
- Soroushin P. and Bayashi Z. 1987, “*Concept Fibre Reinforced Concrete, Proceeding of the International Seminar on Fibre Reinforced Concrete.*” Michigan State University East Lansing, Michigan, USA.
- Tjokrodimulyo, K., 1996, “*Teknologi Beton*”. Arif, Yogyakarta.
- Wang C.K, Salmon C.G., 1993, “*Desain Beton Bertulang*”, Edisi ke-4, Jilid I. Erlangga. Jakarta.